



УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ - ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Булевар краља Александра 73, 11000 Београд, Србија

Тел. 011/324-8464, Факс: 011/324-8681

**КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У
БЕОГРАДУ**

На седници Комисије другог степена одржаној дана 29.10.2019. године одређени смо за чланове комисије за преглед и оцену мастер рада Марка Будише под насловом „Примена метода носећих вектора у проблемима препознавања облика“. Пошто смо прегледали поднети материјал подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биоградски подаци

Марко Будиша је рођен 30.09.1991. године у Београду. Основну и средњу школу је завршио у Београду, а Електротехнички факултет је уписао 2010. године на модулу за Електронику. Дипломирао је 2015. године са просечном оценом 8.96. 2018. године је уписао мастер студије на истом Факултету, на модулу за Сигнале и системе и положио је све планом предвиђене предмете.

2. Опис рада

Поднети мастер рад садржи 30 страна, 12 слика и 1 табелу. Рад је подељен на Увод, три поглавља и Закључак, а на крају рада наведена је коришћена литература, списак скраћеница, списак слика и списак табела.

У уводном поглављу укратко је приказана хронологија развоја статистичког учења и постављени основни циљеви рада.

У другом поглављу систематизовани су најважнији теоријски концепти у оквиру статистичког препознавања облика, а на основу којих су дефинисани основни блокови за синтезу алгоритама машинског учења на основу носећих вектора.

Смернице за имплементацију разматраних алгоритама, заједно са програмским кодом, дате су у трећем поглављу. У овом поглављу посебно је анализиран и алгоритам перцептрона, као прве имплементационе неуралне мреже, која је послужила као основа за даљи развој метода машинског учења.

Четврто поглавље посвећено је оптимизацији алгоритама машинског учења заснованих на концепту носећих вектора и анализи могућности примене оваквих алгоритама у задацима статистичког препознавања облика. У овом поглављу дати су илустративни примери са програмским кодом, као и графички прикази који доприносе лакшем праћењу корака у имплементацији посматраних алгоритама.

Закључак садржи преглед постигнутих резултата, као и предлог могуће примена алгоритама машинског учења на бази носећих вектора у анализи података и обради сигнала слике.

3. **Анализа рада са кључним резултатима**

Метод носећих вектора је један од алгоритама машинског учења са обучавајућим скупом или супервизијом. Метод се заснива на комплексној математичкој основи тако да се у инжењерској пракси уобичајено посматра као модел црне кутије. Инжењери практичари по правилу не поседују адекватна математичка знања која омогућавају теоријске анализе оваквих алгоритама, али уколико разумеју кораке у њиховој имплементацији добиће добре резултате у решавању практичних проблема. Циљ овог рада је да се проуче основне методе носећих вектора, као и да се одреде смернице за њихову програмску имплементацију. У ту сврху посебно је разматрана могућност примене ових метода у задацима статистичког препознавања облика. Разматране су две стандардне класе метода које су погодне за примене над стационарним и нестационарним подацима. Прва класа метода заснива се на примени обучавајућег скупа и називају се методе са супервизијом. У раду је посебна пажња посвећена практичним аспектима приликом дефинисања обучавајућег скупа, који је по правилу валидан само на ограниченом скупу података, што условљава потребу за даљом адаптацијом примењеног класификатора. Стога се такве методе називају параметарским а у раду су приказане најважније методе наведеног типа као што су: Линеарни класификатор, Бајесов класификатор, Корелациони класификатор, Квадратни класификатор, део по део Хомогени класификатор, Прилагођени филтер и класификатор дистанце. Користећи податке из литературе наведене су основне предности и мане појединих метода. Као алтернатива параметарском приступу разматране су и неке непараметарске методе, а пре свега Парзенов естиматор и метод К- најближих сусрета. Додатно је анализиран и практичан проблем избора величине обучавајућег скупа. Експериментално је доказано да ће сувише комплексан класификатор који се заснива на премало података и превише слободних параметара бити подложен утицају шума мерења или ће се прилагодити локалним формама из обучавајућег скупа. Стога је у раду пажња посвећена и методама за редукцију димензија при чему је као основна метода приказана КЛ- експанзија, а наведене су и неке алтернативне технике.

Значајна пажња у раду посвећена је и методама тестирања хипотеза. Приказане су неке од основних метода као што су Бајесов класификатор минималне вероватноће грешке, тест минималног ризика, Нојман-Пирсовов тест и мини-максни тест. Наведене су и неке технике тестирања које могу бити погодне у специфичним задацима класификације, при чему је посебна пажња посвећена Валдовом секвенцијалном тесту.

Разматрање класичне проблематике препознавања облика комплетирано је анализом нестационарних података. Истакнуто је да главну тешкоћу у решавању оваквих задатака представља непостојање класичног обучавајућег скупа. Због тога се у решавању оваквих проблема уобичајено користе методе класификације без обучавајућег скупа, а методе таквог типа називају се кластеризацијом или статистичким обучавањем без супервизора.

У раду су посебно анализирани параметарске методе, код којих се унапред дефинише критеријум чијом се оптимизацијом долази до вредности параметара оптималног класификатора. Анализирано је више оптимизационих критеријума који представљају мере сепарабилности класа, а посебна пажња посвећена је квадратној декомпозицији која генерише дискриминационе границе између класа у облику део по део квадратних функција кривих, што резултује у класу нестационарних података који нису линеарно сепарабилни. Као алтернатива параметарским методама наведене су и неке непараметарске методе које нису детаљно анализирани.

На крају ове кратке анализе може се закључити да је једна од доприноса рада систематизација стандардних метода за препознавање облика у стационарном и нестационарном окружењу што је значајно са аспекта њихове могуће примене.

Централно место у раду заузима пројектовање алгоритама машинског учења са сурвизијом, на бази носећих вектора, којима је одређена хипер-раван у циљу сепарације података. Изложени приступ заснован је на концепту перцептрона и Вапник-Червоненкис теорији статистичког учења. У наставку је разматрана оптимизација предложеног алгорита, у смислу одређивања оптималне хипер-равни која на најбољи могући начин врши сепарацију података у простору. Хипер-равни из могућег скупа су поређене на основу њихове аналитичке релације и геометријске маргине којом је одређено растојање тачке од хипер-равни. Постављени оптимизациони проблем припада нелинеарном математичком програмирању и решаван је из више корака. У првом кораку примењен је класичан варијациони рачун са Лагранжовим мултипликаторима, након чега је коришћењем Волфове дуалности и Кунер-Такерових услова проблем квадратног програмирања сведен на проблем линеарног програмирања. На тај начин добијен је систем линеарних матричних неједнакости који се може решити нумерички. Перформансе оптималног решења анализирани су симулацијом, користећи раније одабране илустративне примере класификатора. Параметри оптималног алгорита процењени су у оквиру MATLAB програма, а дат је и графички приказ рада оптималног класификатора.

Поред сложене теоријске анализе допринос рада преставља сагледавању корака у програмској имплементацији оптималног класификатора.

4. Закључак и предлог

На основу свега изложеног чланови комисије сматају да мастер рад Марка Будише под насловом „Примена метода носећих вектора у проблемима препознавања облика“ испуњава све формалне и суштинске услове да буде прихваћен, те предлаже комисији другог степена да рад прихвати и кандидату дозволи одбрану рада.

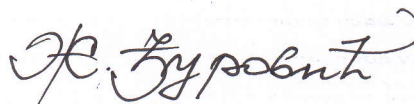
У Београду,

Дана 26.08.2020.

Чланови комисије



др Бранко Ковачевић, професор емеритус



др Жељко Буровић, редовни професор